

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004年2月12日 (12.02.2004)

PCT

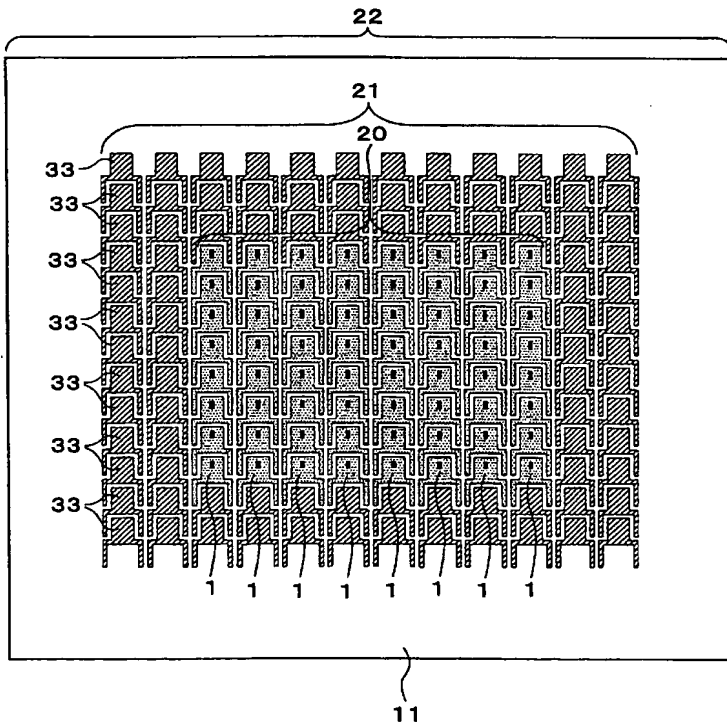
(10) 国際公開番号
WO 2004/013037 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B81B 3/00, (72) 発明者; および
B81C 1/00, G02B 26/08, 26/02 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石津谷 徹
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009734 (ISHIZUYA, Tohru) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田
(22) 国際出願日: 2003年7月31日 (31.07.2003) 区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 三品 岩男 (MISHINA, Iwao); 〒220-0004 神奈
(26) 国際公開の言語: 日本語 川県 横浜市西区 北幸2丁目9-10 横浜HSビル
(30) 優先権データ: 特願2002-224530 2002年8月1日 (01.08.2002) JP 7階 Kanagawa (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP). DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO,

[続葉有]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE ELEMENT AND METHOD OF MANUFACTURING THE ELEMENT, OPTICAL SWITCH, AND MICRO DEVICE

(54) 発明の名称: 立体構造素子およびその製造方法、光スイッチ、マイクロデバイス



(57) Abstract: A three-dimensional structure element having a plurality of three-dimensional structural bodies and capable of being uniformly formed without producing a dispersion in shape of the three-dimensional structural bodies, comprising a substrate (11) and the three-dimensional structural bodies (1) disposed in a predetermined effective area (20) on the substrate (11), the three-dimensional structural bodies (1) further comprising space parts formed in the clearances thereof from the substrate (11) by removing sacrificing layers, the substrate (11) further comprising a dummy area (21) having dummy structural bodies (33) so as to surround the effective area (20), the dummy structural body (33) further comprising space parts formed in the clearances thereof from the substrate (11) by removing the sacrificing layers, whereby since the dummy area (21) is heated merely to approx. the same temperature as the effective area (20) in an ashing process for removing the sacrificing layers to prevent a temperature distribution from occurring in the effective area (20).

(57) 要約: 複数の立体構造体を備えた立体構造素子であって、立体構造体の形状にばらつきを生じさせることなく一様に形成することのできる構成を提供する。基板11と、基板11上の予め定められた有効領域20に配置された立体構造体1とを有する。この立体構造体1は、基板11との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を備える。基板11には、有効領域20を取り囲むようにダミー領域21が設けられ、ダミー領域21には、ダミー構造体33が配置されている。ダミー構造体33は、基板11との間に、犠

[続葉有]



NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

牲層を除去することにより形成された空間部を有する。このような構成であるため、犠牲層を除去するアッシング工程時に、ダミー領域 21 は、有効領域 20 と同じ程度の温度までしか上昇せず、有効領域 20 に温度分布が生じるのを防ぐ。

明細書

立体構造素子およびその製造方法、光スイッチ、マイクロデバイス

技術分野

本発明は、犠牲層を用いてシリコンウエハなどの基材上に高精度に形成された立体構造を有する素子、および、その製造方法に関し、特に、犠牲層を用いて形成された光スイッチおよびその製造方法に関する。

背景技術

近年、シリコンウエハなどの基材上に犠牲層を形成して、その上に所望の形状にパターニングされた薄膜構造体を形成し、その後犠牲層を取り除くことで所望の立体構造体を形成する方法が注目されている。この方法は、微小な立体構造を精度良く、しかも、高密度に多数形成することが可能であるため、例えば空間光変調素子などの製造に適している。

このような犠牲層を用いる立体構造体の製造方法において、基材と薄膜構造体との間にある犠牲層を取り除く方法としては、フッ化水素酸水溶液などのウェットエッチング用溶液を用いることが特開2001-13426号および特開2001-129798号等に関示されている。しかしながら、フッ化水素酸水溶液のように溶媒として水を使用しているエッチング用溶液は、エッチング時に水分子が薄膜構造体に付着し、水分子の表面張力によって薄膜構造体が基材に付着する現象が生じやすい。微小な薄膜構造体がいったん基材に付着すると、これを剥がすのは容易ではなく、乾燥工程後も薄膜構造体が基材に付着したままの形状と

なって所望の立体形状を得ることができない場合がある。特に、可動部を含む立体形状の薄膜構造体を形成する場合、薄膜構造体が基材に張り付くと、可動部の機能を果せなくなる。

一方、犠牲層を取り除く別の方法としては、アッシング等のドライプロセスによって犠牲層を除去する方法が提案されている。例えばアッシングを用いる場合、犠牲層としては有機レジスト膜を用いることが知られている。

発明の開示

上述のアッシング等のドライプロセスを用いる犠牲層除去方法によれば、水分子が薄膜構造体や基材に付着しないので、薄膜構造体が基材に張り付くことを防ぐことができる。しかしながら、発明者らの実験によると、アッシングを用いる除去方法は、同じ基材上であっても、犠牲層が薄膜構造体と基材との間に挟まれている領域と、基材上に犠牲層だけが露出している領域とで、大きな温度差が生じていることがわかった。具体的には、基材上に犠牲層だけが露出している領域は、アッシング時に数百度の高温に達しているのに対し、犠牲層が薄膜構造体と基板との間に挟まれている領域はそれほどの温度が上昇しない。

このように大きな温度分布が生じる理由は、反応速度の分布にあると推測される。すなわち、犠牲層が、薄膜構造体と基板との間に挟まれている部分は、アッシング時に供給するガスが基板と薄膜構造体との間に回り込みながら反応するため、反応がゆっくり進むのに対し、基材上に犠牲層だけが搭載されている部分では、ガスが犠牲層の上面全体から接触して一気に反応するため反応速度が大きく、急激に反応熱が生じる。この反応熱により、基材上に犠牲層だけが搭載されている部分ではアッ

シング時に温度が数百度に達するため、薄膜構造体の成膜時の基板温度や熱処理温度よりも高温になる場合がある。一方、犠牲層が薄膜構造体と基板との間に挟まれている部分では、それほど高温にはならない。

このため、例えば、基材上の一部の有効領域に複数の薄膜構造体が緻密に配列され、その周辺領域には基材が露出される形状の素子の場合、周辺領域のアッシング時に生じる高熱が、有効領域の周辺部に伝導し、高温の熱処理を施された状態になる。これにより、有効領域において、周縁部の薄膜構造体と中央部の薄膜構造体とで、薄膜の残留応力に差が生じ、薄膜構造体の形状にばらつきが生じたり、残留応力による撓みを利用する薄膜構造体の撓み量にばらつきが生じるという問題が発生する。撓み量にばらつきが生じると、薄膜構造体を変位させる駆動部が、撓み量ごとに駆動信号を変化させる必要が生じ、制御系が複雑となる。

本発明の目的は、複数の立体構造体を備えた立体構造素子であって、立体構造体の形状にばらつきを生じさせることなく一様に形成することのできる構成を提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような立体構造素子が提供される。

すなわち、基板と、前記基板上の予め定めた有効領域に配置された立体構造体とを有し、

前記立体構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が配置され、該ダミー領域には、ダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とする立体構造素子である。

上記立体構造素子において、前記ダミー構造体は、前記基板と対向す

る部分の形状を、前記立体構造体と同じ形状にすることができる。

上記立体構造素子において、前記ダミー構造体は、少なくとも 1 以上の箇所を前記基材に固定するための支柱を有する構成にすることができる。

上記立体構造素子において、前記ダミー構造体は、前記ダミー領域を覆う薄膜と、該薄膜と前記基材との間に配置された複数の支柱とを有する構成にすることができる。

また、本発明によれば、以下のような光スイッチが提供される。

すなわち、光導波路基板と、変位可能な反射鏡を備えた立体構造素子基板とを有する光スイッチであって、

前記立体構造素子基板は、基板と、前記基板上の予め定めた有効領域に配置された立体構造体とを有し、

前記立体構造体は、前記反射鏡と、前記反射鏡を搭載した変位部とを含み、該変位部は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が配置され、該ダミー領域には、ダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とする光スイッチである。

また、本発明によれば以下のようなマイクロデバイスが提供される。

すなわち、変位可能な薄膜立体構造体を備えたマイクロデバイスであって、

基板と、前記基板上の予め定めた有効領域に配置された前記薄膜立体構造体とを有し、

前記薄膜立体構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が配置され、該ダミー領域には、薄膜製のダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とするマイクロデバイスである。

また、本発明によれば、以下のような立体構造素子の製造方法が提供される。

すなわち、基板上の予め定めた有効領域に犠牲層と所定の薄膜立体構造体を形成するとともに、前記有効領域を取り囲むダミー領域に犠牲層と所定の薄膜ダミー構造体を形成する工程と、

前記有効領域および前記ダミー領域の前記犠牲層をドライプロセスにより除去する工程とを含むことを特徴とする立体構造素子の製造方法である。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施の形態の有効領域 20、ダミー領域 21、非有効領域 22 を備える立体構造素子の上面形状を示す説明図である。

図 2 (a) は、図 1 の立体構造素子の有効領域 20 に配置される立体構造体 1 の上面形状を示す上面図であり、図 2 (b) は、図 1 の立体構造素子のダミー領域 21 に配置されるダミー構造体 33 の上面形状を示す上面図である。

図 3 は、図 2 (a) の立体構造素子の A-A 断面図である。

図 4 (a) は、図 1 の立体構造素子と光導波路基板 190 とを重ねて構成した光スイッチの形状を示す断面図であり、図 4 (b) は、図 1 の立体構造素子と光導波路基板 190 とを重ねて構成した光スイッチにおいて、立体構造体 1 の反射鏡 2 をローレンツ力により、下に引き下げた

状態の光スイッチの形状を示す断面図である。

図 5 は、図 4 の光スイッチの光導波路基板 190 の一部形状を示す斜視図である。

図 6 (a) ~ (f) は、図 1 の立体構造素子の製造工程を説明する断面図である。

図 7 (a) は、図 1 の立体構造素子が 2 つ連続している状態の上面形状を示す説明図であり、図 7 (b) は、図 1 の立体構造素子が 2 つ連続している状態の断面形状と、アッシング工程における各部の温度分布を示す説明図である。

図 8 (a) は、本発明の一実施の形態の立体構造素子において、ダミー構造体として別の形状のダミー構造体 34 を用いた場合の、有効領域 20 とダミー領域 21 の上面構成を示す説明図であり、図 8 (b) は、ダミー構造体 34 の上面形状を示す説明図である。

図 9 は、本発明の一実施の形態の立体構造素子において、ダミー構造体として別の形状のダミー構造体 35 を用いた場合の、有効領域 20 とダミー領域 21 の上面構成を示す説明図である。

図 10 (a) は、比較例としてダミー領域を備えない立体構造素子が 2 つ連続している状態の上面形状を示す説明図であり、図 10 (b) は、比較例の立体構造素子が 2 つ連続している状態の断面形状と、アッシング工程における各部の温度分布を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の一実施の形態について、図面を用いて説明する。

本実施の形態の立体構造素子は、基板 11 と、基板 11 の中央部に設けられた有効領域 20 と、有効領域 20 を取り囲むダミー領域 21 と、

その周囲の非有効領域 2 2 とを有する。

有効領域 2 0 には、複数の立体構造体 1 が、1 6 個×1 6 個で縦横に配列して配置されている（図 1 では、図示の都合上、8 個×8 個で示している）。立体構造体 1 は、図 2（a）にその上面図を、図 3 に断面図を示したように、カンチレバー状の変位部 1 3 と、変位部 1 3 の一端に搭載された反射鏡 2 とを有する。変位部 1 3 は、材料の異なる 2 枚の薄膜を積層した構成であり、反射鏡 2 を搭載している端部とは反対側の端部に 2 つの脚部 5 2 を備えている。2 つの脚部 5 2 は、基板 1 1 に固定されている。変位部 1 3 は、外部から力を受けていない状態では、変位部 1 3 を構成する薄膜の内部応力により、図 3 のように湾曲し、反射鏡 2 を基板 1 1 から離れた位置に持ち上げた状態となる。また、変位部 1 3 には不図示の配線パターン層が形成されている。基板 1 1 には、変位部 1 3 の脚部 5 2 が接する位置に配線パターン層 5 8 が配置され、変位部 1 3 の配線パターン層と電氣的に接続され、変位部 1 3 の配線パターン層に電流を流す構成となっている。一方、基板 1 1 上であって、反射鏡 2 の下部に位置する部分には、磁界を発生させるための配線パターン層 1 6 が配置されている。このような構成により、変位部 1 3 の配線パターン層に電流を流すとともに、配線パターン層 1 6 に電流を流して磁界を発生させることにより、ローレンツ力により、変位部 1 3 を基板 1 1 に引き寄せることができ、反射鏡 2 を基板 1 1 の位置まで引き下げることができる。

基板 1 1 上のダミー領域 2 1 には、図 1 に示したように、複数のダミー構造体 3 3 が配置されている。このダミー構造体 3 3 は、後述する製造方法の犠牲層の除去工程において、ダミー領域 2 1 が高温になるのを防ぐために配置されている。ダミー構造体 3 3 は、立体構造体 1 の変位部 1 3 と同じ形状であり、変位部 1 3 の脚部 5 2 と同様の脚部 3 5 2 を

有する。また、ダミー構造体 3 3 は、有効領域 2 0 における立体構造体 1 と同じピッチで縦横に配列されている。ただし、ダミー構造体 3 3 は、構成を簡単にするために、反射鏡 2 および配線パターン層は形成されていない。なお、図 1 では、立体構造体 1 およびダミー構造体 3 3 を見分けやすくするために、便宜上図中にそれぞれドット模様とハッチングを付しているが、図 1 は、これらの上面形状を示している。

一方、基板 1 1 上の非有効領域 2 2 には、立体構造体 1 およびダミー構造体 3 3 は配置されていない。図示していないが配線パターン層 5 8 , 1 6 が引き回しのために配置されている。

つぎに、本実施の形態の立体構造素子の製造方法について、図 6 (a) ~ (g) を用いて説明する。

本実施の形態では、基板 1 1 として、ウエハ状のシリコン基板を用い、図 1 の立体構造素子を 2 次元的に多数配列して形成し、最後に切り出すことにより完成させる。以下の説明で用いる図 6 (a) ~ (g) には、一つの立体構造素子の一つの立体構造体 1 の断面部分のみ示しているが、成膜、フォトリソグラフィ、エッチング等の処理は、ウエハ状の基板 1 1 全体に施される。

まず、ウエハ状の基板 1 1 の上面全体に熱酸化法によってシリコン酸化膜 5 7 を形成し、その上に、配線パターン層 5 8 および配線パターン層 1 6 となる A 1 膜を成膜し、フォトリソグラフィおよびエッチングによりそれぞれの形状にパターニングする (図 6 (a)) 。この状態のウエハ状の基板 1 1 の上面全体に犠牲層 8 0 となるレジスト層を塗布およびベークにより形成し、脚部 5 2 となる位置に開口 8 0 a をフォトリソグラフィとエッチングにより形成する (図 6 (b)) 。

つぎに、図 6 (b) に示す状態のウエハ状の基板 1 1 の全面に犠牲層となるレジスト層 8 1 を塗布およびベークにより形成し、フォトリソグ

ラフィとエッチングにより、脚部 5 2 の位置の周囲および反射鏡 2 が搭載される位置に所定の形状、例えば島状に残す（図 6（c））。この残された犠牲層 8 1 は、変位部 1 3 に図 3 のような段差 5 9，1 5 8 を形成するために配置される。段差 5 9，1 5 8 を形成することにより、変位部 1 3 の強度を高めることができる。

つぎに、図 6（d）～（f）の工程により、Al 膜 7 3、SiN 膜 7 1、Al 膜 7 2 により、有効領域 2 0 に変位部 1 3 及び脚部 5 2 を形成し、ダミー領域 2 1 に変位部 1 3 と同じ構造のダミー構造体 3 3 を形成する。本実施の形態では、図 3 に示したように変位部 1 3 を、上向きに反る基部 6 1 と下向きに反る先端部 6 2 とそれらの接続部 6 3 の 3 つの部分からなるようにしている。このように基部 6 1 と先端部 6 2 の反りの方向を逆向きにすることにより、脚部 5 2 から変位部 1 3 の先端までの距離が長くても、先端と基板 1 1 との間隔を小さくすることができる。これにより、小さなローレンツ力で反射鏡 2 を持ち上げた位置から基板 1 1 に引き寄せた位置に切り換えることが可能である。基部 6 1 は、膜の内部応力により上反りを実現するために、基板 1 1 側から SiN 膜 7 1 と Al 膜 7 2 とを積層した構成である。逆に、先端部 6 2 は、下反りを実現するために、基板 1 1 側から Al 膜 7 3 と SiN 膜 7 1 とを積層した構成である。接続部 6 3 は、これらの膜が一部重なるように構成する。脚部 5 2 は、基部 6 1 と一体に形成する。なお、Al 膜 7 3，7 2 と SiN 膜 7 1 を成膜する際には、それぞれの膜の内部応力を制御するために、基板 1 1 を予め定めた温度に加熱する。

具体的な手順を説明する。まず、ウエハ状の基板 1 1 全体に、先端部 6 2 の Al 膜 7 3 となる Al 膜を蒸着又はスパッタ法等により成膜したのち、有効領域 2 0 の変位部 1 3 およびダミー領域 2 1 のダミー構造体 3 3 のそれぞれの先端部 6 2 と接続部 6 3 の形状となるように、フォト

リソグラフィとエッチング法によりパターニングする（図 6（d））。つぎに、基部 6 1 および先端部 6 2 の S i N 膜 7 1 となる S i N 膜をプラズマ C V D 法等によりウエハ状の基板 1 1 の全面に成膜した後、フォトリソグラフィとエッチング法によりパターニングし、変位部 1 3 とダミー構造体 3 3 の基部 6 1 および脚部 5 2、ならびに、先端部 6 2 の形状にする（図 6（e））。このとき、脚部 5 2 となる開口 8 0 a の底の位置において、S i N 膜 7 1 に開口を設ける。これにより、つぎに形成する A 1 膜 7 2 と配線パターン層 5 8 とが接続されるようにする。さらに、基部 6 1 の A 1 膜 7 2 となる A 1 膜をウエハ状の基板 1 1 全面に成膜した後、パターニングし、変位部 1 3 とダミー構造体 3 3 の基部 6 1 および脚部 5 2、ならびに接続部 6 3 の形状にする（図 6（f））。以上により、基部 6 1 の A 1 膜 7 2 と先端部 6 2 の A 1 膜 7 3 が接続部 6 3 で重なりあった形状の変位部 1 3 および脚部 5 2 が形成される。

つぎに、ウエハ状の基板 1 1 の全面に犠牲層 8 2 となるレジスト層を厚塗りしベークした後、反射鏡 2 を形成すべき位置に反射鏡 2 の形状の開口を、露光、現像の手法により形成する。その後、電解めっきにより、A u または N i またはその他の金属を成長させ、開口を充填する。これにより、反射鏡 2 を形成する。

以上の工程により、ウエハ状の基板 1 1 のそれぞれの立体構造素子において、有効領域 2 0 およびダミー領域 2 1 の部分は、図 6（g）のように、犠牲層 8 0 と犠牲層 8 2 との間に、変位部 1 3 およびダミー構造体 3 3 が挟まれた構造となる。一方、非有効領域 2 2 の部分は、犠牲層 8 0 と犠牲層 8 2 とが直接積層された構造となる。

この状態でウエハ状の基板 1 1 のそれぞれの立体構造素子の境界にダイシング等により溝状の切り込みを入れる。この切れ込みは、基板 1 1 を完全に切断するものではなく、溝状であるので、基板 1 1 の形状は、

ウエハ状のまま維持されている。

つぎに、プラズマアッシングにより、犠牲層 8 0 と犠牲層 8 2 ならびに犠牲層 8 1 を除去する。これにより、有効領域 2 0 の変位部 1 3 及びダミー領域 2 1 のダミー構造体 3 3 は、図 3 のように基板 1 1 から立ち上がり、立体構造となる。

プラズマアッシング工程では、犠牲層 8 0 , 8 2 ならびに犠牲層 8 1 と、プラズマとの反応により反応熱が発生する。特に、非有効領域 2 2 は、犠牲層 8 0 と犠牲層 8 2 とが直接重なっているため、プラズマとの反応が上面全体から基板 1 1 に達するまで急速に進み、アッシングレートが速い。このため、非有効領域 2 2 において急激に反応熱が発生し、高温になる。これに対し、有効領域 2 0 およびダミー領域 2 1 は、犠牲層 8 0 と犠牲層 8 2 との間に、変位部 1 3 とダミー構造体 3 3 が挟まれているため、上側の犠牲層 8 2 がプラズマとの反応で除去された後は、変位部 1 3 やダミー構造体 3 3 の隙間からプラズマが徐々に回り込みながら犠牲層 8 0 , 8 1 と反応する。よって、有効領域 2 0 およびダミー領域 2 1 の反応速度は、非有効領域 2 2 と比較すると小さく、温度はそれほど上がらない。発明者らが実験により基板の温度分布を調べたところ、図 7 に示したように、非有効領域 2 2 については数百度の高温になり、変位部 1 3 を構成する A l 膜 7 3 、 7 2 および S i N 膜 7 1 の成膜時の基板温度よりも高温になっていた。一方、有効領域 2 0 およびダミー領域 2 1 の温度は、成膜時の基板温度よりも低かった。

また、ダミー領域 2 1 が非有効領域 2 2 と接する部分には、高温の非有効領域 2 2 の熱が伝導し、ダミー領域 2 1 内に温度分布が生じていたが、有効領域 2 0 までは非有効領域 2 2 の熱は伝導しておらず、一様な温度分布であった。このように、ダミー領域 2 1 を設け、ダミー領域 2 1 の温度上昇を防ぐことにより、非有効領域 2 2 で生じた高温の熱が、

有効領域 20 に伝導するのを防ぐことができる。これにより、アッシング工程において、有効領域 20 内の変位部 13 を構成する A1 膜 73、72 および SiN 膜 71 は一様に、成膜時より高温にはならないため、有効領域 20 内の 16 個×16 個の変位部 13 の内部応力は、成膜時に基板温度でコントロールされた状態に保たれる。よって、16 個×16 個の変位部 13 の反りの形状がばらつくことなく、すべて所定の立体構造に形成することができる。なお、ダミー領域 21 の幅は、本実施の形態では、およそ 500 μ m 程度の幅を持つようにしている。この程度の幅を持たせることで、非有効領域 22 で生じた熱が有効領域 20 に大きく伝導しないようにしている。

最後に、ウエハ状の基板 11 を立体構造素子の境界の溝の位置で割ることにより、個々の立体構造素子を完成させることができる。なお、アッシング工程の前に、ダイシング等により個々の立体構造素子ごとに基板 11 を切り離し、1 個 1 個の立体構造素子について、アッシング工程を施す手順にすることも可能である。

なお、本実施の形態の図 1 の構成の場合、非有効領域 22 の一部がダミー領域 21 に割り当てられるので、アッシング時に大きく発熱する面積を小さくすることができ、ダミー領域 21 がいない場合と比較して、ウエハ上で温度の高い部分と温度の低い部分との差が小さくなる。よって、非有効領域 22 で発生した熱が、有効領域 20 にさらに伝搬しにくくなるため、均一な形状の立体構造体 1 を有効領域全面で製造し易くなる。

比較例として、ダミー領域 21 を備えない構造の立体構造素子を図 10 (a) のように作成し、アッシング時の温度分布を調べたところ、図 10 (b) のようになっていた。図 10 (a) の比較例の構成の場合、非有効領域 22 の面積が大きいいため、非有効領域 22 の温度は、図 7 (b)、図 10 (b) に示したように、本実施の形態の非有効領域 22 の

温度よりも高くなる。また、比較例の場合、非有効領域 22 と有効領域 20 とが直接接触しているため、有効領域 20 の外周部分（図 10（b）の領域 A）に非有効領域 22 の熱が伝導し、有効領域 20 内に温度分布が生じている。このため、有効領域 20 の領域 A は、成膜時の基板温度より高温に熱せられ、変位部 13 を構成する膜の内部応力が変化してしまうため、有効領域 20 の 16 個×16 個の変位部 13 の立体形状にばらつきが生じていた。したがって、有効領域 20 内でも場所によって変位部 13 の形状が異なってしまう、有効領域 20 内に全面に渡って、同じ形状の立体構造体 1 ができなくなってしまう。

なお、犠牲層の除去方法は、プラズマアッシングに限定されるものではなく、イオンアッシングやドライエッチング等を用いることが可能である。この場合も、有効領域と非有効領域の境界にダミー領域を設けることにより、有効領域に非有効領域の反応熱が伝導するのを防ぐことができる。

本実施の形態の立体構造素子は、図 5 のように光導波路 193、194 等の複数の光導波路が形成された光導波路基板 190 と重ねることにより、光スイッチを構成することができる。図 5 には、光導波路基板 190 の一部しか示していないが、光導波路基板 190 には光導波路 193、194 等の多数の光導波路が、一定の間隔で菱形の格子状に交差するように配置され、光導波路が交差する点には、これを横切るように、溝 196 が形成されている。基板 11 上に 16 個×16 個に配置された立体構造体 1 のピッチは、光導波路基板 190 の光導波路の交差する点の間隔と一致するように定められている。よって、立体構造素子と光導波路基板 190 とを位置合わせして重ねることにより、立体構造体 1 の反射鏡 2 をそれぞれ、光導波路基板 190 の光導波路の交差する位置の溝 196 に、図 4（a）のように挿入することができる。これにより、

例えば、図 5 の構成の場合、光導波路 1 9 3 を伝搬してきた光は、端面 1 9 3 b から出射され、反射鏡 2 で反射され、光導波路 1 9 4 の端面 1 9 4 b に入射させることができる。一方、立体構造体 1 の変位部 1 3 をローレンツ力により、図 4 (b) のように引き下げることにより、反射鏡 2 を溝 1 9 6 から取り出し、例えば、光導波路 1 9 3 を伝搬してきた光をそのまま直進させることができる。このように、配線パターン層 5 8, 1 6 に流す電流を制御することにより、反射鏡 2 により光の進行方向をスイッチングする光スイッチを実現することができる。

ところで、上述の実施の形態では、ダミー構造体 3 3 の膜構成を、変位部 1 3 と同じく A l 膜 7 3, 7 2 および S i N 膜 7 1 の積層構造としているが、ダミー構造体 3 3 は、アッシング時のダミー領域 2 1 の反応速度を有効領域 2 0 の反応速度と同程度にすることができればよいので、いずれか 1 層でダミー構造体 3 3 を構成することが可能である。

また、ダミー構造体のパターン形状は、変位部 1 3 と同じでなくてもよく、図 8 (a)、(b) のダミー構造体 3 4 のように立体構造体 1 の変位部 1 3 を何枚かを連続させた形状とし、変位部 1 3 よりも大きなものにすることができる。図 8 の例では、アッシング時にダミー構造体 3 4 が基板 1 1 と密着したり、大きくめくれ上がって基板 1 1 側の犠牲層 8 0 がアッシングされやすくなったりすることを防ぐために、ダミー構造体 3 4 の周辺部に複数箇所、基板 1 1 に固定するための支柱 3 5 を形成している。この支柱 3 5 は、変位部 1 3 の脚部 5 2 と同様の構成であり、ダミー構造体 3 4 を構成する薄膜と一体に形成することができる。このように、ダミー構造体 3 4 を配置することにより、先に述べたダミー構造体 3 3 と同様に、ダミー領域 2 1 のアッシングレートと有効領域 2 0 内におけるアッシングレートとほぼ同じにする作用があるので、有効領域 2 0 内における温度分布はほぼ一定にすることができる。なお、こ

の例でもダミー領域の幅は $500\mu\text{m}$ とした。

また、ダミー構造体のさらに別の構成の例を、図9を用いて説明する。図9のダミー構造体36は、有効領域20の周辺部のダミー領域21を全て連続した一枚の薄膜で覆うものである。これにより、アッシンググレート在非有効領域22より小さくした例である。図9のダミー構造体36においても、一定の間隔で支柱35が複数配置されており、ダミー構造体36がアッシング時に基板11と密着したり、大きくめくれ上がって基板11側の犠牲層80がアッシングされやすくなったりすることを防いでいる。なお、図9の例では、ダミー領域22の幅は、ほぼ 1mm とした。

このように、本実施の形態においてはダミー領域21に形成するダミー構造体の形状は自由であり、犠牲層80を覆うことにより、アッシンググレート在非有効領域22よりも小さくすることができればよい。よって、その形状や寸法などは、自由に選択できる。

上述してきたように、本発明によれば、有効領域20の外側に接するように、ダミー構造体が備えられたダミー領域21を配置しているので、アッシングプロセス中も、ダミー領域21の温度は、非有効領域22に比べて上昇せず、有効領域20における温度と大差ない。よって、完成後の有効領域20内の立体構造素子1は、残留応力に分布が無く、犠牲層除去後のその撓み量は均一になる。また、このような立体構造素子を用いて光スイッチを構成することにより、複数のスイッチング機構がほぼ同じ制御信号で制御可能となる。

なお、本実施の形態では、立体構造素子として、有効領域20に立体構造体1が $16\text{個} \times 16\text{個}$ で2次元的に配列されたものを示した。しかし、本発明において、立体構造体の数および配列は、この構成に限定されるものではない。たとえば、有効領域20全体に一つの立体構造体が

配置された形状についても有効である。

また、本実施の形態のように、所望の形状の立体構造体を備えた立体構造素子を用いて、赤外線センサやデジタルミラーデバイス等のように、光スイッチ以外のマイクロデバイスを構成することができる。

本発明によれば、複数の立体構造体を備えた立体構造素子であって、立体構造体の形状にばらつきを生じさせることなく一様に形成することのできる構成を提供することができる。

請求の範囲

1. 基板と、前記基板上の予め定めた有効領域に配置された立体構造体とを有し、

前記立体構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が設けられ、該ダミー領域には、ダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とする立体構造素子。

2. 請求項1に記載の立体構造素子において、前記ダミー構造体は、前記基板と対向する部分の形状が、前記立体構造体と同じ形状であることを特徴とする立体構造素子。

3. 請求項1に記載の立体構造素子において、前記ダミー構造体は、少なくとも1以上の箇所を前記基材に固定するための支柱を有することを特徴とする立体構造素子。

4. 請求項1に記載の立体構造素子において、前記ダミー構造体は、前記ダミー領域を覆う薄膜と、該薄膜と前記基材との間に配置された複数の支柱とを有することを特徴とする立体構造素子。

5. 光導波路基板と、変位可能な反射鏡を備えた立体構造素子基板とを有する光スイッチであって、

前記立体構造素子基板は、基板と、前記基板上の予め定めた有効領域

に配置された立体構造体とを有し、

前記立体構造体は、前記反射鏡と、前記反射鏡を搭載した変位部とを含み、該変位部は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が設けられ、該ダミー領域には、ダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とする光スイッチ。

6. 変位可能な薄膜立体構造体を備えたマイクロデバイスであって、

基板と、前記基板上の予め定めた有効領域に配置された前記薄膜立体構造体とを有し、

前記薄膜立体構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有し、

前記基板には、前記有効領域を取り囲むようにダミー領域が設けられ、該ダミー領域には、薄膜製のダミー構造体が配置され、該ダミー構造体は、前記基板との間に、犠牲層を除去することにより形成された空間部を有することを特徴とするマイクロデバイス。

7. 基板上の予め定めた有効領域に犠牲層と所定の形状の薄膜立体構造体とを形成するとともに、前記有効領域を取り囲むダミー領域に犠牲層と所定の形状の薄膜ダミー構造体とを形成する工程と、

前記有効領域および前記ダミー領域の前記犠牲層をドライプロセスにより除去する工程とを含むことを特徴とする立体構造素子の製造方法。

図1

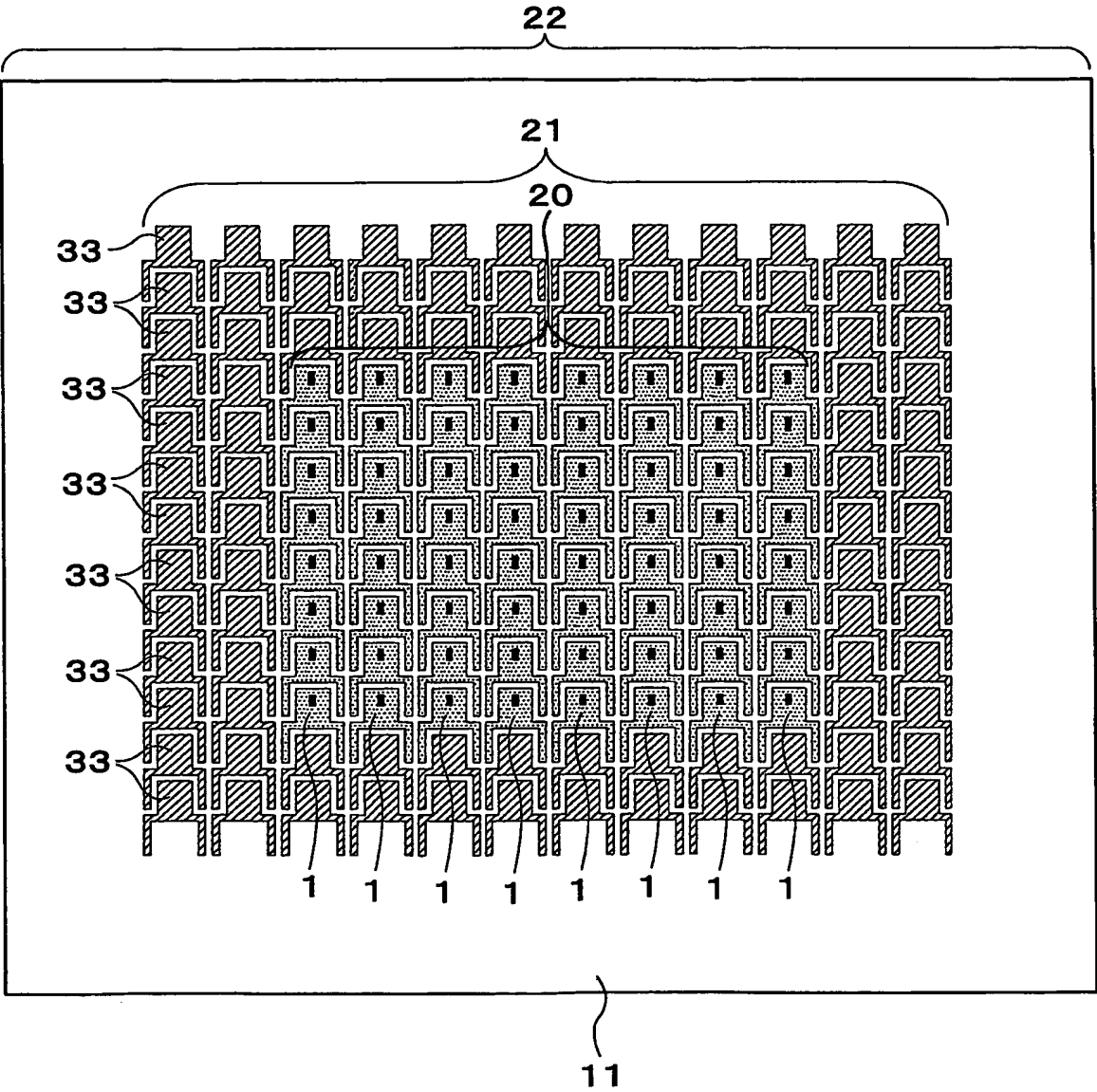
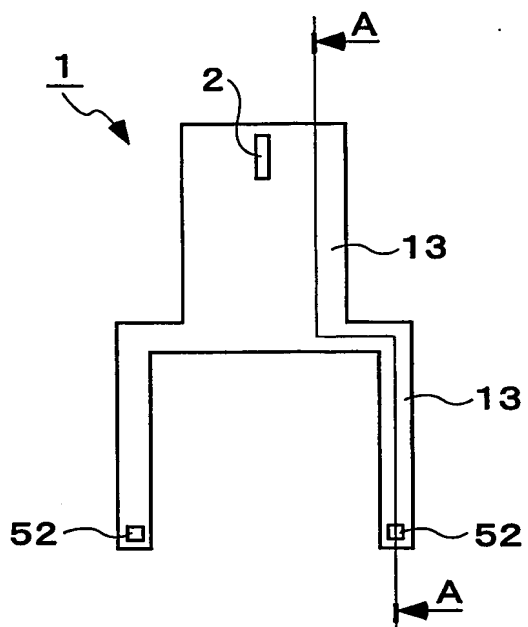
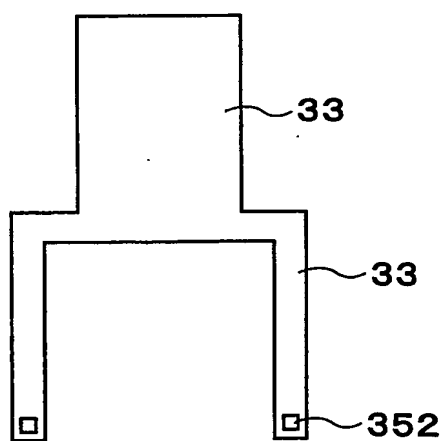


図2



(a)



(b)

图3

A-A断面図

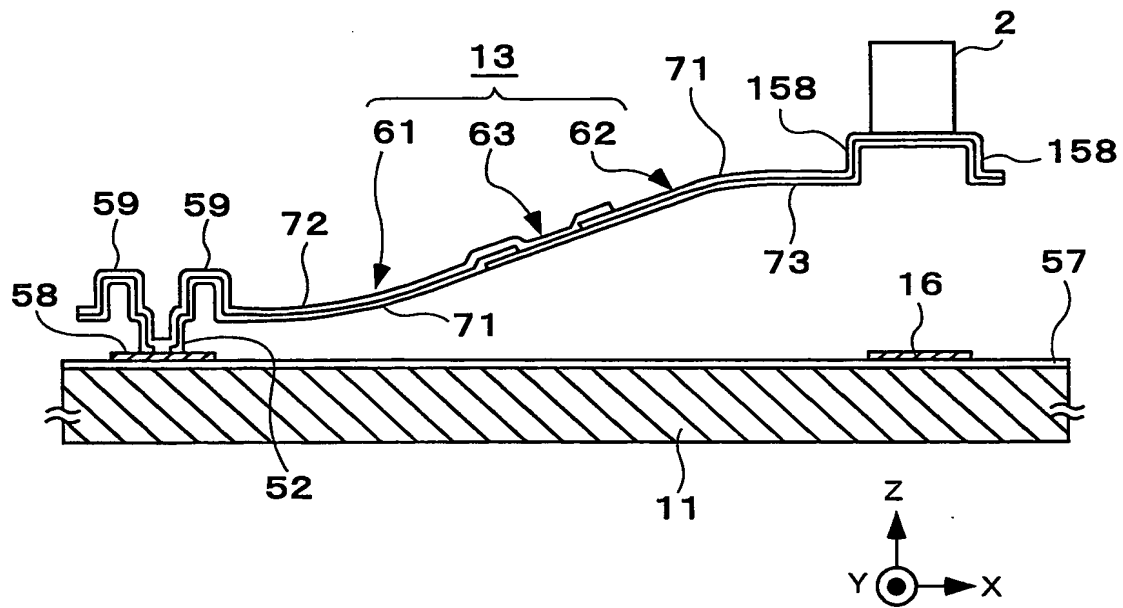
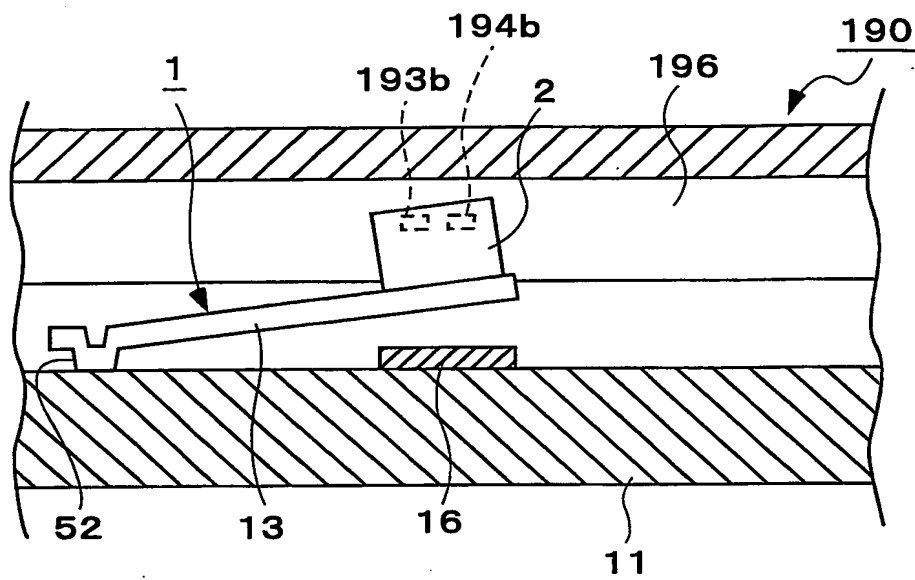


图4

(a)



(b)

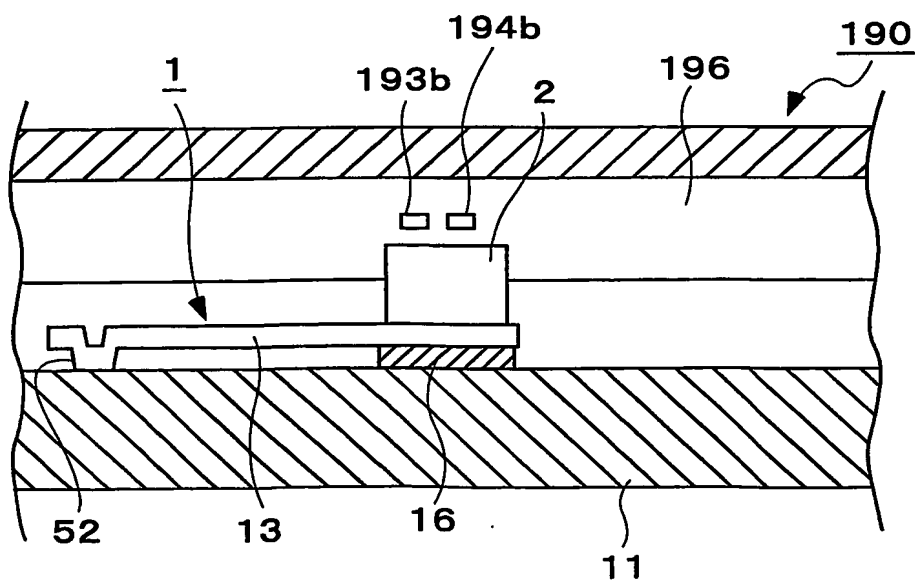


図5

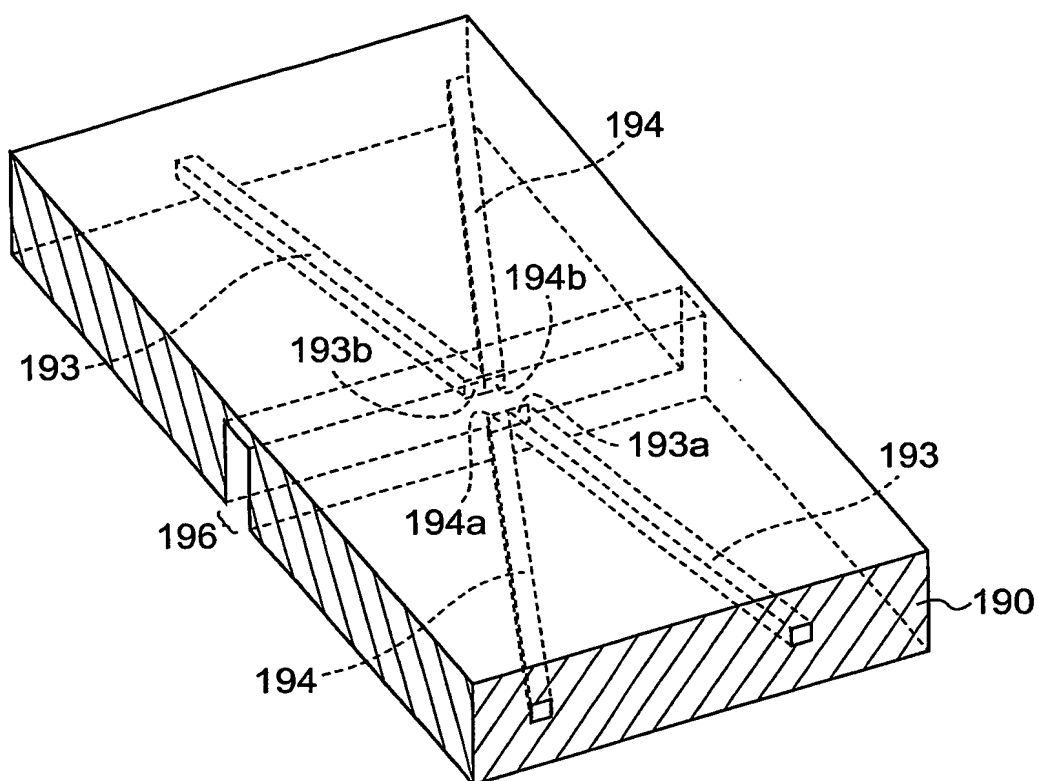


図6

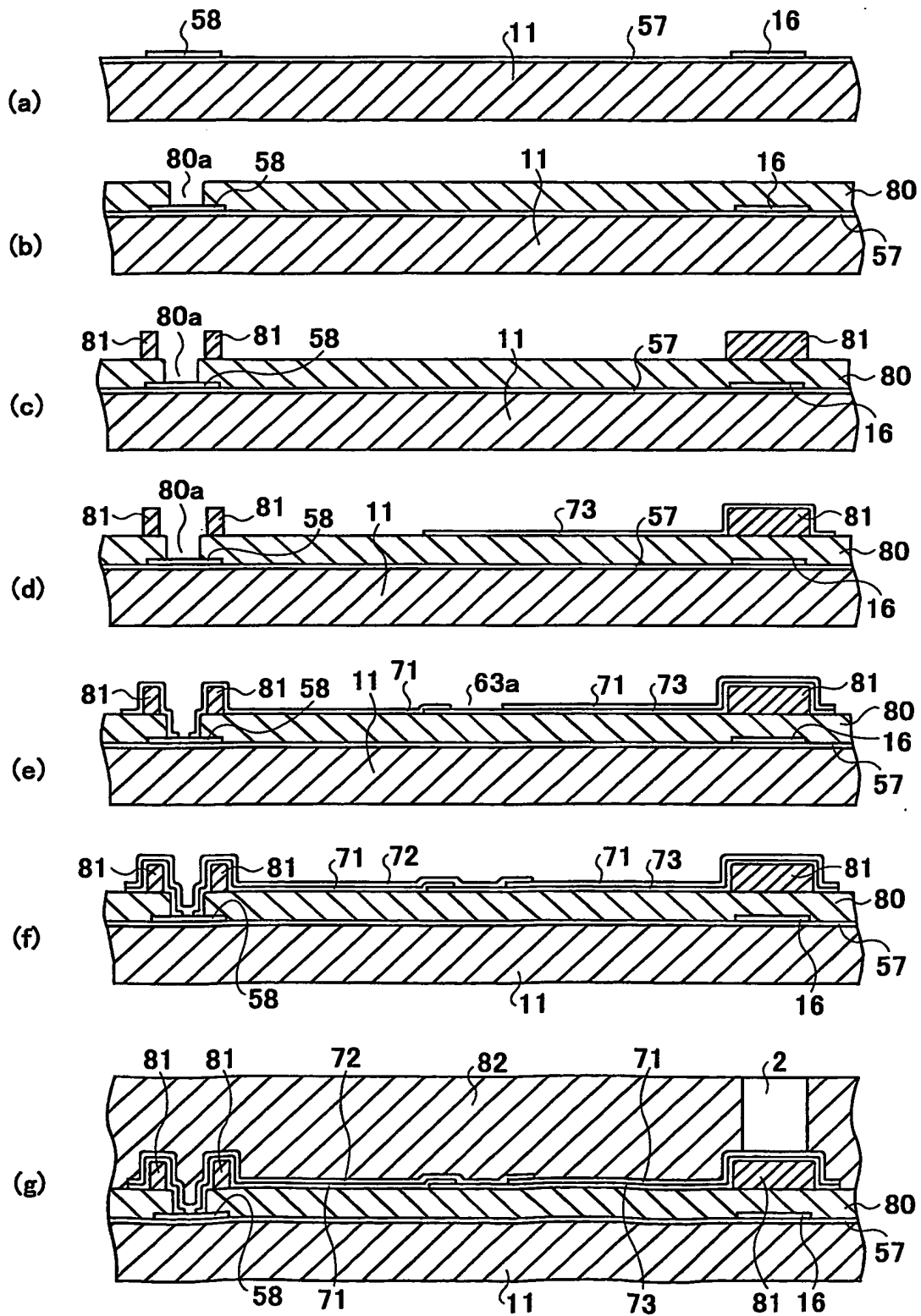


図7

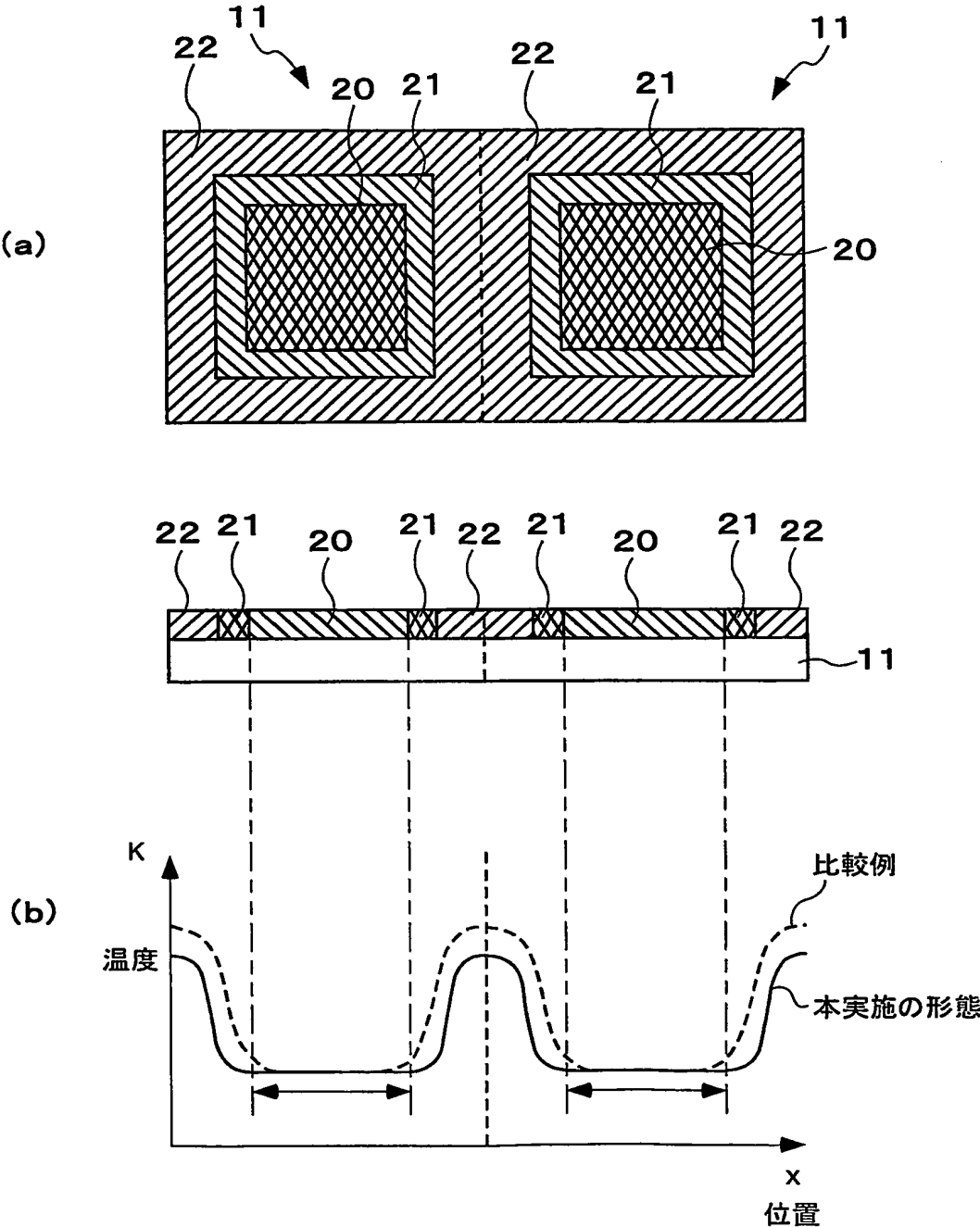
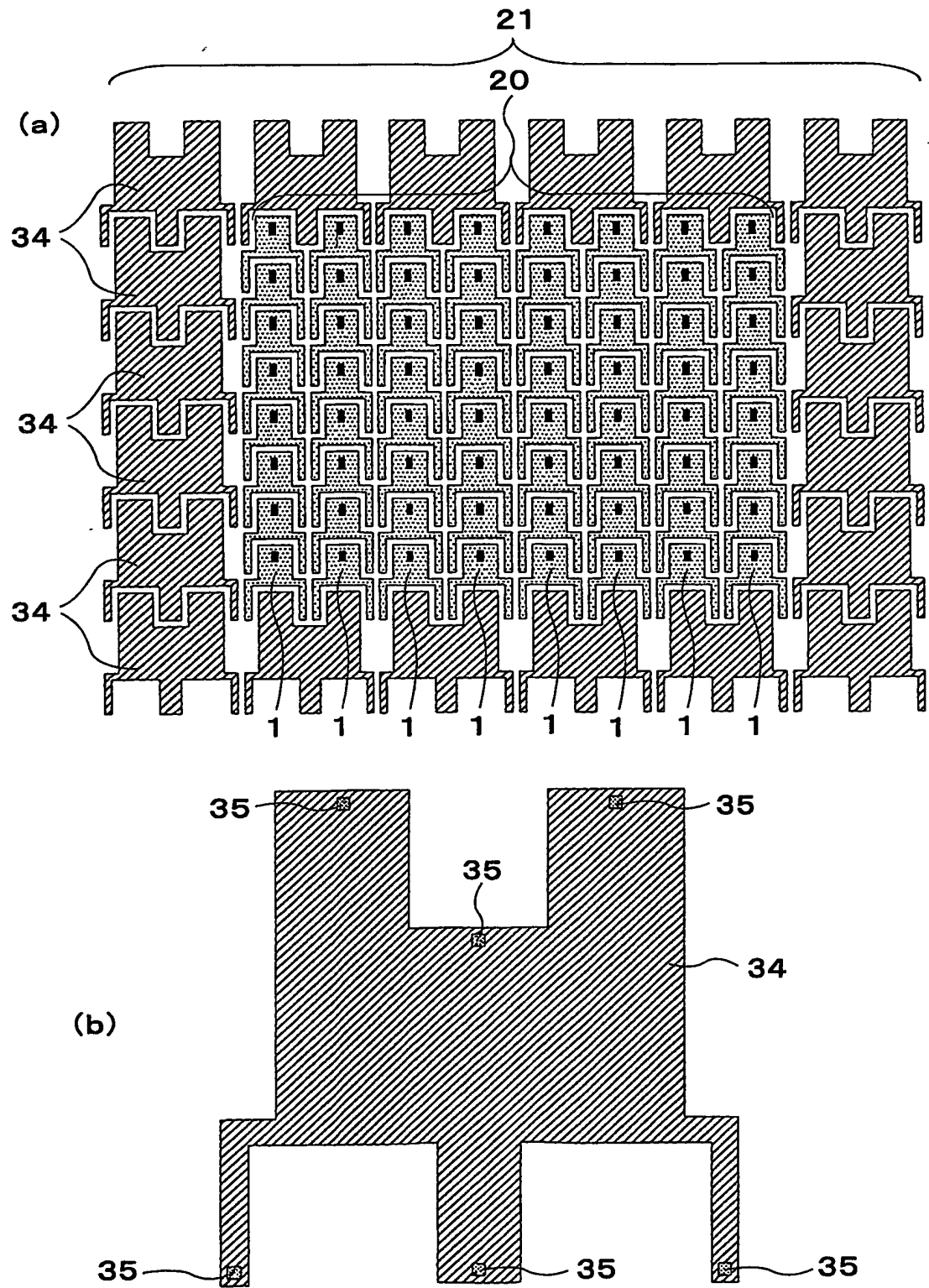
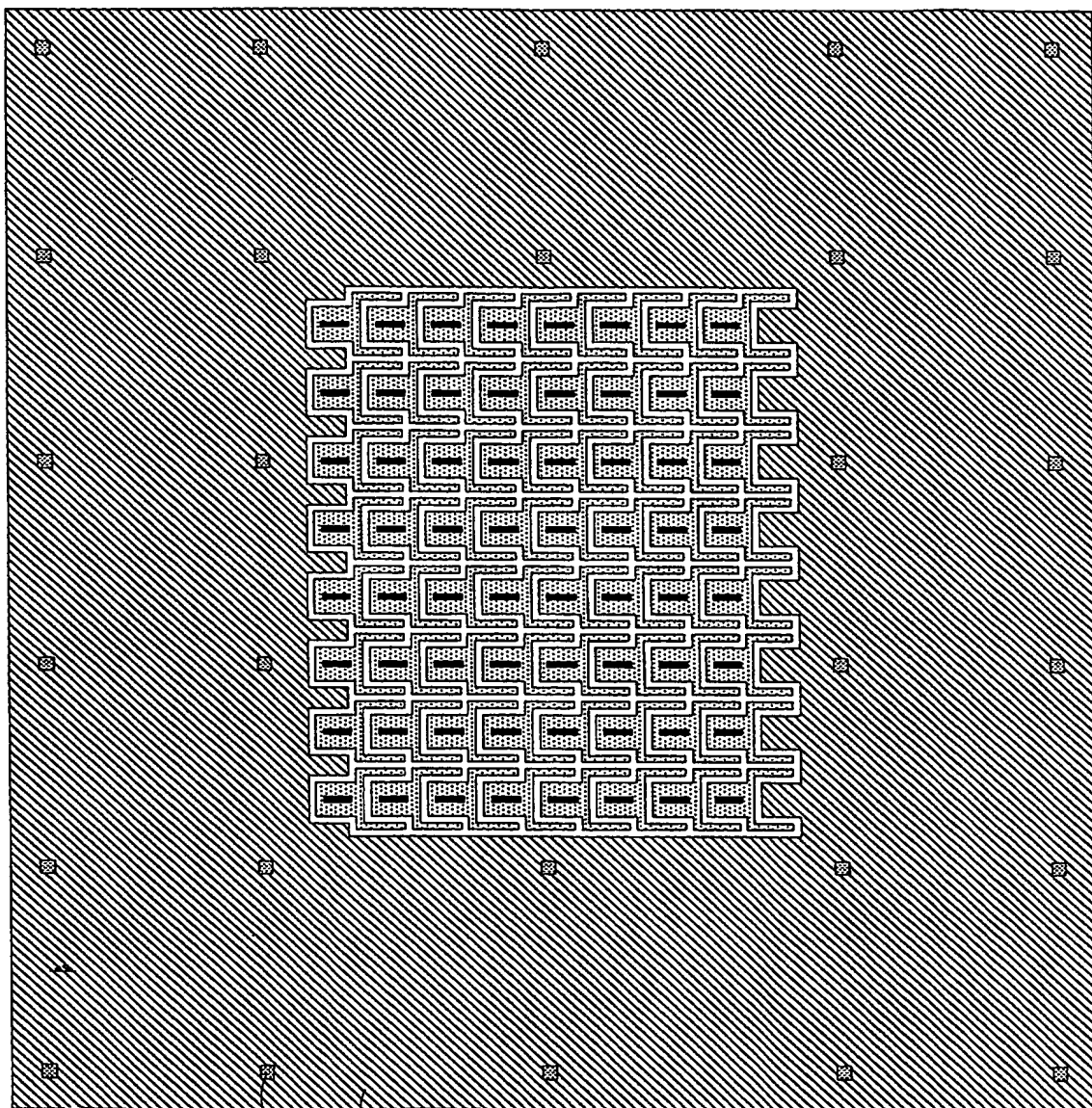


図8



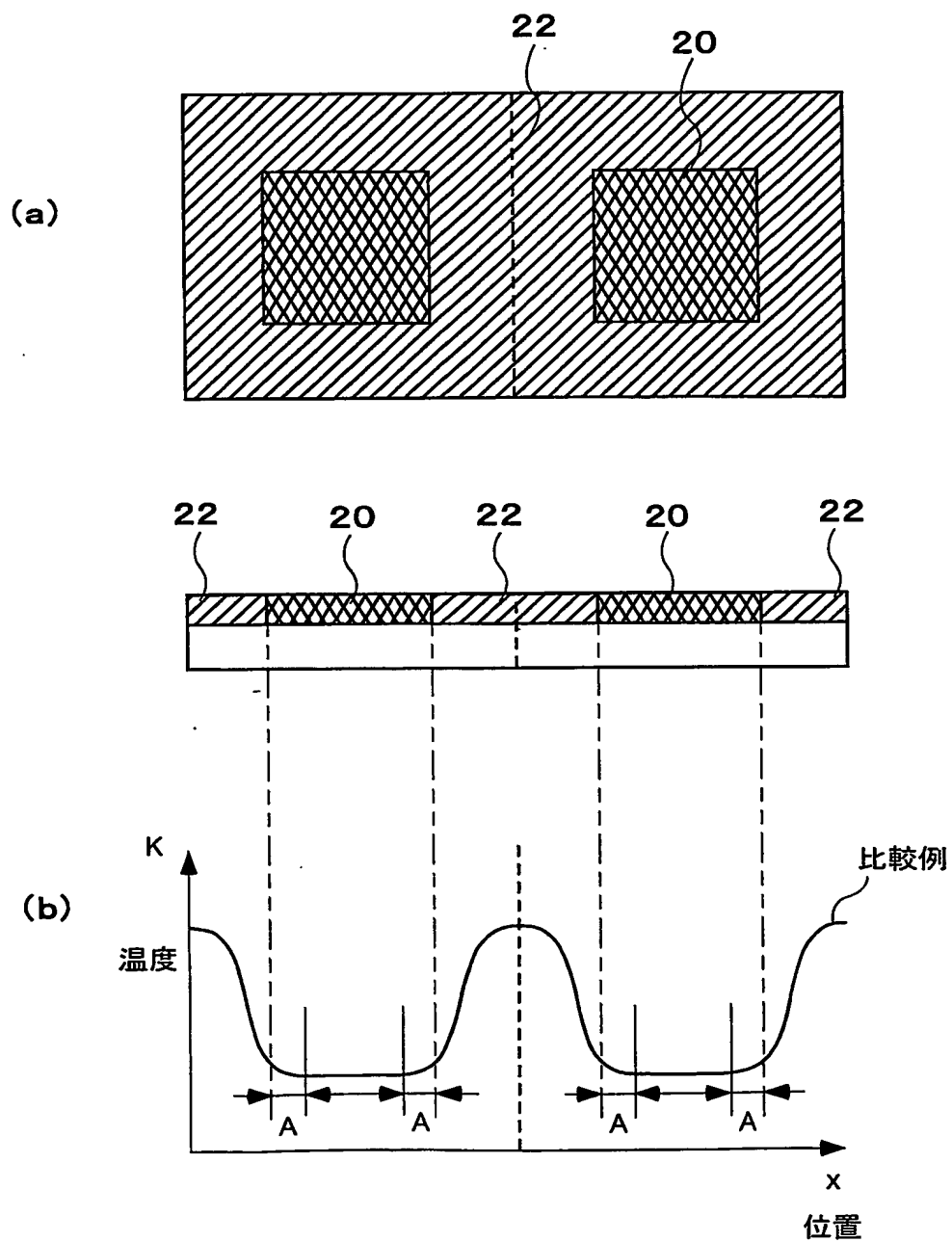


9

35

36

図10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/09734

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B81B3/00, B81C1/00, G02B26/08, G02B26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B81B3/00, B81C1/00, G02B26/08, G02B26/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-160635 A (Nikon Corp.), 18 June, 1999 (18.06.99), Full text (Family: none)	1-7
A	US 5636070 A (DAEWOO ELECTRONICS CO., LTD.), 03 June, 1997 (03.06.97), Full text & JP 7-301753 A & CN 1123916 A & KR 9710478 B & KR 209398 B	1-7
A	US 6136390 A (DAEWOO ELECTRONICS CO., LTD.), 24 October, 2000 (24.10.00), Full text & CN 1184950 A & JP 10-206758 A	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search
04 November, 2003 (04.11.03)Date of mailing of the international search report
18 November, 2003 (18.11.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/09734

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-77729 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 March, 2000 (14.03.00), Full text (Family: none)	1-7
A	JP 2000-77681 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 14 March, 2000 (14.03.00), Full text (Family: none)	1-7
A	US 5946584 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.), 31 August, 1999 (31.08.99), Full text & JP 10-261706 A	1-7
A	US 8-195387 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 30 July, 1996 (30.07.96), Full text (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B81B3/00, B81C1/00, G02B26/08, G02B26/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B81B3/00, B81C1/00, G02B26/08, G02B26/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-160635 A (株式会社ニコン) 1999. 06. 18, 全文 (ファミリーなし)	1-7
A	US 5636070 A (DAEWOO ELECTRONICS CO., LTD.) 1997. 0 6. 03, 全文 & JP 7-301753 A & CN 11239 16 A & KR 9710478 B & KR 209398 B	1-7
A	US 6136390 A (DAEWOO ELECTRONICS CO., LTD.) 2000. 1 0. 24, 全文 & CN 1184950 A & JP 10-206 758 A	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 11. 03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三宅 達



3P

2919

電話番号 03-3581-1101 内線 3362

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2000-77729 A (日産自動車株式会社) 2000. 03. 14, 全文 (ファミリーなし)	1-7
A	J P 2000-77681 A (株式会社村田製作所) 2000. 03. 14, 全文 (ファミリーなし)	1-7
A	US 5946584 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 1999. 08. 31, 全文 & J P 10-261706 A	1-7
A	US 8-195387 A (富士電機株式会社) 1996. 07. 30, 全文 (ファミリーなし)	1-7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.